

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-233034

(43) 公開日 平成10年(1998)9月2日

(51) Int.Cl.⁶

G 11 B 7/135
G 02 B 13/00
13/18

識別記号

F I

G 11 B 7/135
G 02 B 13/00
13/18

Z

審査請求 未請求 請求項の数16 O.L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平9-5783

(22) 出願日 平成9年(1997)1月16日

(31) 優先権主張番号 特願平8-6164

(32) 優先日 平8(1996)1月17日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平8-339973

(32) 優先日 平8(1996)12月19日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000000044

旭硝子株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72) 発明者 下園 裕明

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地

旭硝子株式会社中央研究所内

(72) 発明者 生田目 宜泰

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号 旭

硝子株式会社内

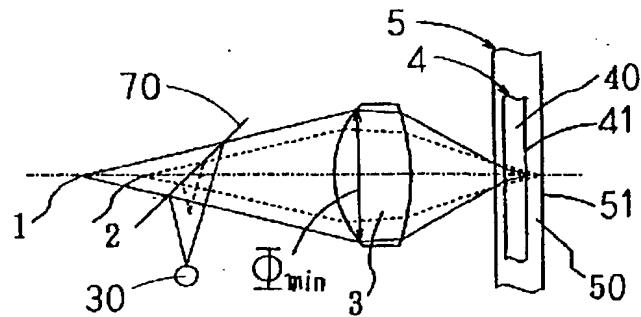
(74) 代理人 弁理士 泉名 謙治

(54) 【発明の名称】 光ピックアップ、光情報記録装置及び対物レンズ

(57) 【要約】

【課題】 共通レンズで、異なる保護層厚の複数光ディスクを記録再生する。

【解決手段】 光を対物レンズ3により光ディスクの情報記録面に集光し、その反射光を対物レンズ3を通して受光素子に照射し再生する場合、DVD用光ディスク4の保護層厚に合わせて収差補正がなされた対物レンズ3により、CD用光ディスク5の収差が最良になるように、保護層厚が厚くなると物像間距離を短くする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】光源からの光を対物レンズにより光情報記録媒体の情報記録面に集光し、情報記録面からの反射光を対物レンズを通して受光素子に照射して情報記録面のデータを再生する光ピックアップにおいて、光情報記録媒体の保護層の厚み及び／又は屈折率に応じて、物像間距離を変化させることを特徴とする光ピックアップ。

【請求項2】光源からの光を対物レンズにより光情報記録媒体の情報記録面に集光し、情報記録面からの反射光を対物レンズを通して受光素子に照射して情報記録面のデータを再生する光ピックアップにおいて、光情報記録媒体の保護層の厚み及び／又は屈折率が異なる第1の光情報記録媒体と第2の光情報記録媒体との情報記録面のデータを再生するに当たり、対物レンズは第1の光情報記録媒体の保護層の厚み及び／又は屈折率に合わせて収差が補正されるように設定され、第1の光情報記録媒体と保護層の厚み及び／又は屈折率が異なる第2の光情報記録媒体の情報記録面のデータを再生する際に収差が適正になるように、物像間距離を変化させることを特徴とする光ピックアップ。

【請求項3】光源からの光を対物レンズにより光情報記録媒体の情報記録面に集光し、情報記録面からの反射光を対物レンズを通して受光素子に照射して情報記録面のデータを再生する光ピックアップにおいて、光情報記録媒体の保護層の厚み及び／又は屈折率が異なる複数の光情報記録媒体の情報記録面のデータを再生するに当たり、再生の対象となっていない光情報記録媒体の保護層の厚み及び／又は屈折率を想定し、対物レンズはこの光情報記録媒体の保護層の厚み及び／又は屈折率に合わせて収差が補正されるように設定され、保護層の厚み及び／又は屈折率がこの光情報記録媒体とは異なる複数の光情報記録媒体を再生する際にそれぞれの収差が適正になるように、物像間距離を変化させることを特徴とする光ピックアップ。

【請求項4】光情報記録媒体の保護層の厚みが大きくなると、物像間距離を短くする方向に、光情報記録媒体の保護層の屈折率が大きくなると、物像間距離を長くする方向に変化させる請求項1、2又は3の光ピックアップ。

【請求項5】光源と対物レンズとの距離と、対物レンズと光情報記録媒体との距離の両方を変化させることにより物像間距離を変化させる請求項1、2、3又は4の光ピックアップ。

【請求項6】光源と光情報記録媒体との間に少なくとも*

$$0.126 \leq (2R_1 / \Phi_{DVD}) \cdot 1$$

ただし、

R_1 ：光源側の面の頂点曲率半径、

β ：横倍率、

* 1つの光学媒体を配することによって、見かけ上物像間距離を変化させる請求項1、2、3、4又は5の光ピックアップ。

【請求項7】光情報記録媒体の保護層の厚み及び／又は屈折率に応じて、物像間距離を変化させる際、光源からの光の波長も変化させる請求項1、2、3、4、5又は6の光ピックアップ。

【請求項8】第1の光情報記録媒体に使用する開口数の値が第2の光情報記録媒体に使用する開口数の値以上である請求項2、4、5、6又は7の光ピックアップ。

【請求項9】保護層の厚みが異なる第1の光情報記録媒体と第2の光情報記録媒体とが複数の情報記録面を有する一つの光情報記録媒体を構成する請求項3～8のいずれかの光ピックアップ。

【請求項10】想定された再生の対象となっていない光情報記録媒体に使用する開口数の値が再生の対象となっている光情報記録媒体に使用する開口数の値以上である請求項3～7のいずれかの光ピックアップ。

【請求項11】光源からの光を対物レンズにより光情報記録媒体の情報記録面に集光し、情報記録面にデータを記録する光情報記録装置において、光情報記録媒体の保護層の厚み及び／又は屈折率に応じて、物像間距離を変化させることを特徴とする光情報記録装置。

【請求項12】請求項1～10のいずれかの光ピックアップ又は請求項11の光情報記録装置に使用される対物レンズであって、光源側に凸面を向けた焦点距離が正の単レンズであり、光源側及び像側の両方の面が非球面を有し、下記(1)式の条件を満足することを特徴とする対物レンズ。

【数1】

$$0.9 \leq 2R_1 / \Phi_{min} \leq 1.1 \dots (1)$$

ただし、

R_1 ：光源側の面の頂点曲率半径、

Φ_{min} ：保護層の厚み及び／又は屈折率が異なる複数種の光情報記録媒体の内、(保護層の厚み) / (保護層の屈折率) が最小の光情報記録媒体を記録再生する場合の光源側の面の有効径最周辺に囲まれる範囲であって光軸に垂直な範囲からなる円の直径。

【請求項13】請求項1～10のいずれかの光ピックアップ又は請求項11の光情報記録装置に使用される対物レンズであって、光源側に凸面を向けた焦点距離が正の単レンズであり、光源側及び像側の両方の面が非球面を有し、下記(2)式の条件を満足することを特徴とする対物レンズ。

【数2】

$$|\beta| \leq 0.33 \dots (2)$$

Φ_{DVD} ：保護層の厚み及び／又は屈折率が異なる複数種の光情報記録媒体にCD及びDVDを含む場合、DVDを記録再生する場合の光源側の面の有効径最周辺に囲ま

れる範囲であって光軸に垂直な範囲からなる円の直径。

【請求項14】請求項1～10のいずれかの光ピックアップ又は請求項11の光情報記録装置に使用される対物レンズであって、

$$(-3.5 \cdot \lambda_2 / \lambda_1) \leq \Delta_1 / \Delta_2 \leq (-1.5 \cdot \lambda_2 / \lambda_1)$$

*光源側に凸面を向けた焦点距離が正の単レンズであり、光源側及び像側の両方の面が非球面を有し、下記(3a)式の条件を満足することを特徴とする対物レンズ。

*【数3】

$$\dots (3a)$$

ただし、

λ_1 ：保護層の厚み及び／又は屈折率が異なる複数種の光情報記録媒体を記録再生する場合、使用する像側の開口数の値が最大のときの使用波長、

λ_2 ：現に光情報記録媒体を記録再生している場合の使用波長、

Δ_1 ：保護層の厚み及び／又は屈折率が異なる複数種の光情報記録媒体を記録再生する場合、使用する像側の開口数の値が最小のときの光源側の面の有効径最周辺における非球面と光源側の面の頂点曲率半径 R_1 を有する基準球面との光軸方向の距離の差（ここで、光軸から遠ざかるほど非球面が光源側へ変位している場合を正とする）、

$$(-3.5 \cdot \lambda_x / \lambda_{DVD}) \leq \Delta_{1CD} / \Delta_{2CD} \leq (-1.5 \cdot \lambda_x / \lambda_{DVD})$$

$$\dots (4)$$

ただし、

λ_{DVD} ：少なくともCD及びDVDを含む複数種の光情報記録媒体を記録再生する場合、DVDを記録再生する場合の使用波長、

λ_x ：現に光情報記録媒体を記録再生している場合の使用波長（CDを記録再生している場合にはCDの使用波長、DVDを記録再生している場合にはDVDの使用波長、CD又はDVD以外の光情報記録媒体を記録再生している場合にはその使用波長）、

Δ_{1CD} ：CDを記録再生する場合の光源側の面の有効径最周辺における非球面と光源側の面の頂点曲率半径 R_1 を有する基準球面との光軸方向の距離の差（ここで、光軸から遠ざかるほど非球面が光源側へ変位している場合を正とする）、

Δ_{2CD} ：CDを記録再生する場合、像側の面の有効径最周辺における非球面と像側の面の頂点曲率半径 R_2 を有する基準球面との光軸方向の距離の差（ここで、光軸から遠ざかるほど非球面が光源側へ変位している場合を正とする）。

【請求項16】対物レンズが有限系である請求項12～15のいずれかの対物レンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、CD（コンパクトディスク）及びDVD（デジタルビデオディスク）用等の光ディスクの記録再生に適し、光情報記録媒体を再生する光ピックアップ又は光情報記録媒体を記録する光情報記録装置及び本発明の光ピックアップ又は光情報記録装置に使用する光情報記録媒体用対物レンズであつ

*光源側に凸面を向けた焦点距離が正の単レンズであり、光源側及び像側の両方の面が非球面を有し、下記(3a)式の条件を満足することを特徴とする対物レンズ。

*【数3】

$$\dots (3a)$$

※ Δ_2 ：複数種の光情報記録媒体を記録再生する場合、使用する像側の開口数の値が最小のときの像側の面の有効径最周辺における非球面と像側の面の頂点曲率半径 R_2 を有する基準球面との光軸方向の距離の差（ここで、光軸から遠ざかるほど非球面が光源側へ変位している場合を正とする）。

【請求項15】請求項1～10のいずれかの光ピックアップ又は請求項11の光情報記録装置に使用される対物レンズであって、

光源側に凸面を向けた焦点距離が正の単レンズであり、光源側及び像側の両方の面が非球面を有し、下記(4)式の条件を満足することを特徴とする対物レンズ。

*【数4】

$$\dots (4)$$

て、回折限界性能を有する光情報記録媒体用対物レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、DVD用の保護層厚0.6mmの薄型光ディスクとCD用の保護層厚1.2mmの光ディスクを一つの対物レンズによって記録再生することが試みられており、この場合、保護層厚差によって生じる収差（球面収差）が生じ、精確に記録再生できないという問題があった。

【0003】この対策として、保護層厚の異なる2種類の光ディスクを記録再生するために、その厚みに応じて設計した2個の対物レンズを切り替える手段、対物レンズとホログラムを組合せる手段（Optical Review vol.1 no.1(1994) pp27-29）等が提案されている。

【0004】2個の対物レンズを切り替える手段としては、図13に示すように、保護層厚1.20mmのCD用光ディスク9を記録再生するために最適に設計された第1の対物レンズ6と、保護層厚0.60mmのDVD用光ディスク8を記録再生するために最適に設計された第2の対物レンズ61とを有し、光ディスクに応じて対物レンズを切り替えるものが知られている。

【0005】また、対物レンズとホログラムを組合せる手段としては、図14に示すように、ホログラム10の0次光12と対物レンズ11の屈折により保護層厚0.6mmのDVD用光ディスク14を記録再生し、ホログラムの1次回折光13と対物レンズ11の屈折により保護層厚1.20mmのCD用光ディスク15を記録再生するものが知られている。

50 【0006】次に、光情報記録媒体用の対物レンズにつ

いて説明する。従来、光ディスク用光学系において、光源からのレーザ光をコリメータレンズを介さずに直接光ディスク面に単レンズで集光させることが、広く一般的に行われている。この理由はコリメータレンズが不要なため、構成が単純化され、かつ、生産性に富む等の多くの利点を有するからである。

【0007】一方、システムのコンパクト化の要求がさらに高まり、光ピックアップに用いられる光ディスク用光学系に対しても、より小型軽量のものが求められている。このような小型軽量を目的とした光ディスク用光学系に用いる単レンズが特開昭64-25113号公報、特公平4-28282号公報に報告されている。また、本発明者による特開平7-72386号公報及び特開平8-179195号公報も報告されている。

【0008】特開昭64-25113号公報には、物像間距離が15.06mmの実施例が記載されている。しかし、非球面形状として球面からの補正項に光軸からの高さの18乗に比例する項まで用いるため、レンズの形状が複雑になりすぎ、加工が困難になる欠点があった。また、上記4件の公報はCD用光ディスクを記録再生するため設計された対物レンズについてのものであり、DVD用光ディスクを記録再生ができなかった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】厚みの異なる2種類の光ディスクを再生するために、光ディスクの保護層の厚みに応じて上記2個の対物レンズを切り替える手段については、レンズの切り替え時の光軸合せの精度の確保が困難であり、またレンズを2個用いるため光ピックアップの生産性が悪いという欠点があった。

【0010】また、対物レンズとホログラムを組合せる手段については、ホログラムの回折の効果を用いて波面を2分割するため、光量が半分以下になり、必要な信号強度を確保するためには、高出力光源を用いるか、検出器感度向上を図ることが必要となる欠点があった。

【0011】本発明の目的は、このような欠点を解消するためになされたものであり、その目的は共通する対物レンズを用いて、異なる厚み及び/又は屈折率の保護層を有する光情報記録媒体の情報を良好に再生する光ピックアップ及び光情報記録媒体の情報を良好に記録する光情報記録装置の提供である。

【0012】また、本発明の目的は、本発明の光ピックアップ及び光情報記録装置に使用される対物レンズとして適し、結像性能が良好であり、6次以下の低次の非球面係数で収差補正ができるために加工性に優れた光情報記録媒体用対物レンズの提供である。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、光源からの光を対物レンズにより光情報記録媒体の情報記録面に集光し、情報記録面からの反射光を対物レンズを通して受光素子に照射して情報記録面のデータを再生する光ピック

アップにおいて、光情報記録媒体の保護層の厚み及び/又は屈折率に応じて、物像間距離を変化させることを特徴とする光ピックアップを提供する。

【0014】また、光源からの光を対物レンズにより光情報記録媒体の情報記録面に集光し、情報記録面からの反射光を対物レンズを通して受光素子に照射して情報記録面のデータを再生する光ピックアップにおいて、光情報記録媒体の保護層の厚み及び/又は屈折率が異なる第1の光情報記録媒体と第2の光情報記録媒体との情報記

10 録面のデータを再生するに当たり、対物レンズは第1の光情報記録媒体の保護層の厚み及び/又は屈折率に合わせて収差が補正されるように設定され、第1の光情報記録媒体と保護層の厚み及び/又は屈折率が異なる第2の光情報記録媒体の情報記録面のデータを再生する際に収差が適正になるように、物像間距離を変化させることを特徴とする光ピックアップを提供する。

【0015】また、光源からの光を対物レンズにより光情報記録媒体の情報記録面に集光し、情報記録面からの反射光を対物レンズを通して受光素子に照射して情報記

20 録面のデータを再生する光ピックアップにおいて、光情報記録媒体の保護層の厚み及び/又は屈折率が異なる複数の光情報記録媒体の情報記録面のデータを再生するに当たり、再生の対象となっていない光情報記録媒体の保護層の厚み及び/又は屈折率を想定し、対物レンズはこの光情報記録媒体の保護層の厚み及び/又は屈折率に合わせて収差が補正されるように設定され、保護層の厚み及び/又は屈折率がこの光情報記録媒体とは異なる複数の光情報記録媒体を再生する際にそれぞれの収差が適正になるように、物像間距離を変化させることを特徴とする光ピックアップを提供する。

【0016】また、光情報記録媒体の保護層の厚みが大きくなると、物像間距離を短くする方向に、光情報記録媒体の保護層の屈折率が大きくなると、物像間距離を長くする方向に変化させる上記光ピックアップを提供する。また、光源と対物レンズとの距離と、対物レンズと光情報記録媒体との距離の両方を変化させることにより物像間距離を変化させる上記光ピックアップを提供する。

【0017】また、光源と光情報記録媒体との間に少なくとも1つの光学媒体を配することによって、見かけ上の物像間距離を変化させる上記光ピックアップを提供する。また、光情報記録媒体の保護層の厚み及び/又は屈折率に応じて、物像間距離を変化させる際、光源からの光の波長も変化させる上記光ピックアップを提供する。

【0018】また、第1の光情報記録媒体に使用する開口数の値が第2の光情報記録媒体に使用する開口数の値以上である上記光ピックアップを提供する。また、保護層の厚みが異なる第1の光情報記録媒体と第2の光情報記録媒体とが複数の情報記録面を有する一つの光情報記録媒体を構成する上記光ピックアップを提供する。

【0019】また、想定された再生の対象となつていな
い光情報記録媒体に使用する開口数の値が再生の対象と
なつている光情報記録媒体に使用する開口数の値以上で
ある上記光ピックアップを提供する。また、光源からの
光を対物レンズにより光情報記録媒体の情報記録面に集
光し、情報記録面にデータを記録する光情報記録装置に
おいて、光情報記録媒体の保護層の厚み及び／又は屈折
率に応じて、物像間距離を変化させることを特徴とする
光情報記録装置を提供する。

【0020】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図面に従つて詳細に説明する。図1は本発明の光ピックアップの代表例を示す基本的構成図である。図1において、1は第1の光源位置、2は第2の光源位置、3は対物レンズ、4は第1の光情報記録媒体であるDVD用光ディスク（保護層の薄い方）、30は受光素子、40はDVD用光ディスク4の保護層、41はDVD用光ディスク4の情報記録面（データが形成されている光ディスクの面）、5は第2の光情報記録媒体であるCD用光ディスク（保護層の厚い方）、50はCD用光ディスク5の保護層、51はCD用光ディスク5の情報記録面、70はハーフミラーである。

【0021】本発明では、例えば、DVD用光ディスク4の保護層40の厚み及び／又は屈折率に合わせて収差が補正されるよう対物レンズの仕様を決定して設定し、この仕様に合わせて対物レンズを設計する。

【0022】図1の場合には、光源は第1の光源位置1又は第2の光源位置2に配される。光源を光源位置1に配した場合は、DVD用光ディスク4を再生し、光源を光源位置2に配した場合は、CD用光ディスク5を再生する。このように光源の位置を移動するには、DVD用光ディスク4の保護層40の厚み及び／又は屈折率に合わせて収差が補正されるよう設定された対物レンズを使用するため、物像間距離を変化させないと、CD用光ディスク5を再生する場合に収差が悪くなり、CD用光ディスク5を再生できないからである。

【0023】すなわち、光ピックアップ用光学系に用いる対物レンズは、光ディスクの保護層の厚み及び／又は屈折率を特定して収差が補正されるよう設計するため、特定した光ディスクの保護層の厚み及び／又は屈折率と異なる光ディスクの保護層の厚み及び／又は屈折率を再生する場合、光ディスクの保護層の厚み及び／又は屈折率に応じた収差、特に3次の球面収差が発生する。

【0024】一方、有限系の光学系においては、物像間距離を変化させると、その変化量に応じて、3次の球面収差が生じる。したがって、異なる保護層の厚み及び／又は屈折率の光ディスクを再生する場合、光ディスクの保護層の厚み及び／又は屈折率に依存して発生する3次の球面収差を、物像間距離を変化させて生ずる3次の球面収差を適正にできれば、対物レンズの光学配置を変え

ることで異なる保護層の厚み及び／又は屈折率を有する光ディスクに対応できる。

【0025】また、DVD用光ディスク、CD用光ディスク等の情報記録面にはデジタル信号を表すマークが記録されている。このマークにより表される1ビットの寸法が数 μ m以下の場合には、対物レンズが回折限界性能を有することが好ましい。

【0026】できるだけ精確に再生を行うため、適正な3次の球面収差としては、計算上、3次の球面収差のR

10 MS値の絶対値は0.03λ以下が好ましく、0.01λ以下がより好ましい（なお、λは波長であり、3次の球面収差のRMS値の最適値は0（ゼロ）である）。0.03λ以下の場合には0.03λ超の場合と比較して記録再生精度が0.1%～数%以上向上する。0.01λ以下の場合には0.03λ超の場合と比較して記録再生精度が0.5%～数%以上向上する。なお、3次の球面収差RMS値の符号は、波面の位相に関して光軸上の位相より周辺の位相の方が進んでいるときを正、遅れているときを負、とした。

【0027】本発明において、物像間距離を変化させる場合には、それに伴つて、作動距離（対物レンズの光ディスク側の面から光ディスクの対物レンズ側の面までの距離）も変化させることが好ましい。光源からの光を光ディスクの情報記録面に精確に集光し、情報記録面からの反射光を対物レンズを通して受光素子30に精確に照射して情報記録面のデータを忠実に再生するためである。

【0028】本発明はこの作用を有し、1個以上の対物レンズを用いて光学収差性能を損なうことなく、例えば、DVDとCDのような異なる保護層の厚み及び／又は屈折率の光ディスクを再生できる。

【0029】また、物像間距離の変化の方向については、光ディスクの保護層の厚みが大きくなると、物像間距離を短くする方向に変化させる。光ディスクの保護層の厚みが小さくなると、物像間距離を長くする方向に変化させる。光ディスクの保護層の屈折率が大きくなると、物像間距離を長くする方向に変化させる。光ディスクの保護層の屈折率が小さくなると、物像間距離を短くする方向に変化させる。

【0030】物像間距離を変化させる手段としては下記のものが例示できる。

- 1) 光源のみを移動する手段（図1）、
- 2) 光ディスクのみを移動する手段（作動距離も変化する）、
- 3) 光源及び光ディスクの両方を移動する手段（作動距離も変化する）、
- 4) 光源と対物レンズとの間に透明性光学媒体を配する手段、
- 5) 対物レンズと光ディスクとの間に透明性光学媒体を配する手段（作動距離も変化する）、

6) 光源と対物レンズとの間に透明性光学媒体を配し、かつ、対物レンズと光ディスクとの間にも透明性光学媒体を配する手段（作動距離も変化する）。

【0031】上記1)～6)の手段のうちで、1)の手段が2)～6)の手段と比較して機械的構造が複雑とならず、さらに、移動しても光軸に影響しにくく、好ましい。上記4)～6)の手段については、物像間距離は実際に変化せず、見かけ上変化するだけである。光学媒体によって光路が変化するからである。

【0032】また、作動距離を変化させる手段としては、下記のものが例示できる。

- a) 対物レンズのみを移動する手段、
- b) 光ディスクのみを移動する手段、
- c) 対物レンズ及び光ディスクの両方を移動する手段、
- d) 対物レンズと光ディスクとの間に透明性光学媒体を配する手段。

【0033】上記a)～d)の手段のうちで、a)の手段がb)～d)の手段と比較して構成が複雑とならず、好ましい。d)の手段については、作動距離は実際に変化せず、見かけ上変化するだけである。光学媒体によって光路が変化するからである。また、作動距離が変化すればそれに伴って物像間距離も変化する。

【0034】また、物像間距離、作動距離を変化させる手段に使用する透明性光学媒体としては、例えば、アクリル等の合成樹脂、ガラス等からなる透明性を有する板状体、レンズ、プリズム等が挙げられる。

【0035】また、図2、図3は、図1とは別のタイプの本発明の光ピックアップを示す基本的構成図であり、光源を2個として、光源と対物レンズとの間に透明性光学媒体を配し、物像間距離を変化させる手段の代表例である。図2、図3において、1aは第1の光源、1bは第2の光源、7はハーフミラー、21はコリメータレンズである。

【0036】図2では、第1の光源1aからの光はハーフミラー7を透過して対物レンズ3に照射され、第2の光源1bからの光はハーフミラー7により反射されて対物レンズ3に照射される。図2では、第1の光源1aを使用する場合は、第2の光源1bを使用する場合と比較して物像間距離が長くなるようにしている。しかし、これに限定されず、第1の光源1aを使用する場合は、第2の光源1bを使用する場合と比較して物像間距離が短くなるようにしてもよい。

【0037】図3では、第1の光源1aからの光はコリメータレンズ21により平行光にされ、さらに、ハーフミラー7を透過して対物レンズ3に照射される。したがって、第1の光源1aを使用した場合は物像間距離は無限大となる。第2の光源1bからの光はハーフミラー7により反射されて対物レンズ3に照射され、物像間距離は有限となる。

【0038】なお、第1の光源1aの光をコリメータレ

ンズ21により平行光にしなくともよい。物像間距離を有限とし、コリメータレンズ21を設ける場合には、コリメータレンズ21を設けない場合と比較して、物像間距離を長くするだけでもよい。図2、3において、第1の光源1aと第2の光源1bの光の波長は同一としてもよく、異なるようにしてもよい。

【0039】また、図1、2、3では、対物レンズを1個のレンズによって構成している。しかし、これに限定されず、対物レンズを複数個のレンズ群によって構成してもよい。また、使用される対物レンズは有限系であることが好ましい。光ピックアップ全体の小型化のため、光源と対物レンズとの距離を短くでき構成が単純になる。

【0040】対物レンズは有限系に限定されず、無限系用の対物レンズであってもよい。対物レンズとして無限系用のものを使用する場合には、通常、対物レンズ光源と対物レンズとの距離を長くするか、又は、光源と対物レンズとの間にコリメータレンズを配する構成にする。無限系用の対物レンズとは無限系として設計され有限系としても使用できる対物レンズを含むものとする。

【0041】また、図1に示すように、通常、光軸と所定の角度をなすように光源と対物レンズ3との間にハーフミラー70を配し、対物レンズ3を通った光ディスクからの反射光をハーフミラー70により反射させて受光素子30に当てる。

【0042】また、以上2種類の光ディスクの再生について述べたが、これに限定されず、3種類以上の異なる保護層の厚み及び／又は屈折率の光ディスクを再生の対象としてもよい。

【0043】本発明では、対物レンズの仕様決定の対象となる光情報記録媒体に使用する開口数の値が複数種以上の異なる保護層の厚み及び／又は屈折率の光情報記録媒体に使用する開口数の値以上であることが好ましい。記録の際の書き込み及び再生の際の読み取り精度が向上するからである。

【0044】また、以上図1の説明では、DVD用光ディスク4の保護層40の厚み及び／又は屈折率に合わせて収差が補正されるように対物レンズの仕様を決定して設定し、この仕様に合わせて対物レンズを設計するように説明してきた。

【0045】しかし、これに限定されず、通常、再生の対象となっていない任意の光情報記録媒体である光ディスクの保護層の厚み及び／又は屈折率を想定し（想定光ディスク）、想定光ディスクの保護層の厚み及び／又は屈折率に合わせて収差が補正されるよう設定された対物レンズの仕様を決定して設定し、この仕様に合わせて対物レンズを設計して、実際に再生の対象となっている別仕様の光ディスク（想定光ディスクの保護層の厚み及び／又は屈折率と異なる保護層の厚み及び／又は屈折率の光ディスク）を再生してもよい。

【0046】想定光ディスクに使用する開口数の値が再生の対象となっている光情報記録媒体に使用する開口数の値以上であることが好ましい。再生の際の読み取り精度が向上するからである。

【0047】例えば、保護層の屈折率が同一であるDVD用光ディスク4とCD用光ディスク5とを再生することを前提とする場合、想定光ディスクとして、保護層の厚み0.9mmであり、かつ、屈折率がDVD用光ディスク4の保護層40と同一のものを想定する。想定光ディスクに合わせて収差が補正されるよう対物レンズの仕様を決定して設定し、この仕様に合わせて対物レンズを設計する。

【0048】DVD用光ディスク4とCD用光ディスク5とを再生する際は、DVDとCD、それぞれ、収差が適正になるように想定光ディスクとは異なる物像間距離を設定すればよい。開口数及び光源の光の波長については、想定光ディスク、DVD及びCD、それぞれ、同じにしてもよく、異なるようにしてもよい。

【0049】また、厚み及び／又は屈折率が異なる第1の光情報記録媒体と第2の光情報記録媒体とを記録再生するに当たり、第1の光情報記録媒体の保護層の厚み及び／又は屈折率に合わせて収差が補正されるよう設定された対物レンズを使用する場合、第2の光情報記録媒体の保護層の屈折率が第1の光情報記録媒体の保護層の屈折率の96.7～103.3%の範囲内であれば、第1の光情報記録媒体の保護層の屈折率と第2の光情報記録媒体の保護層の屈折率との差を考慮しないで物像間距離を変化させて収差補正できる。このことは後述する本発明の対物レンズにも適用できる。

【0050】例えば、光ディスクの保護層の材質は、通常、合成樹脂であるので、光ディスクの保護層の屈折率は、通常、1.50～1.60の範囲であり、物像間距離を変化させて収差補正する際、第1の光情報記録媒体の保護層の厚みと第2の光情報記録媒体の保護層の厚みとの差を考慮すれば足りる。

【0051】このように、光情報記録媒体の保護層の厚みのみを考慮して収差補正することを前提とすれば、第1の光情報記録媒体の保護層の厚みと第2の光情報記録媒体の保護層の厚みとの差が±0.1mm以上の場合に有効に収差補正でき好ましい。また、第1の光情報記録媒体の保護層の厚みと第2の光情報記録媒体の保護層の厚みとの差が±0.3mm以上の場合に有効に収差補正できより好ましく、第1の光情報記録媒体の保護層の厚みと第2の光情報記録媒体の保護層の厚みとの差が±0.5mm以上の場合に有効に収差補正でき特に好ましい。これらの場合には作動距離も適正に変化させることが好ましい。

【0052】また、本発明における光情報記録媒体は、DVD用光ディスク、CD用光ディスク等の光情報記録用の光ディスクに限定されず、例えば、光情報記録用の

テープ等であってもよい。

【0053】本発明において、異なる2種以上の光情報記録媒体を再生するに当たり、1つの光源を使用し光の波長を光情報記録媒体ごとに変化させずに同波長としてもよく、複数種の光源を使用し光の波長を光情報記録媒体ごとに変化させてもよい。

【0054】異なる2種以上の光情報記録媒体を再生するに当たり、1つの光源を使用し同波長を使用する場合、光情報記録媒体の読み取るべきデータ部分（マーク）の寸法に合わせて開口数を変化させて調整することが好ましい。要するに、データ部分の寸法が大きければそれに合わせて光源の光のスポット径を大きくすることが読み取り精度が向上し好ましい。

【0055】例えば、DVD及びCDの再生において、1つの光源（同波長）を使用する場合について説明する。DVD及びCDでは、デジタル化された「0」、「1」の信号を略楕円形状のくぼみ（ピット）に変換してマークとして記録している。CDのピットの幅は約0.4μm、DVDのピットの幅は、通常、CDのピットの幅の半分程度である。

【0056】CDのピットの幅を読み取る（再生する）場合、通常、波長780nmのレーザを光源として使用している。この理由は開口数0.45がレーザ光のスポット径の寸法を最良とし、収差を最良とするうえで最適であるからである。

【0057】しかし、DVDのピットの寸法がCDのピットの寸法より小さいので、分解能を向上させ読み取り精度を向上させる必要があり、DVDの再生には、通常、波長615～683nmのレーザを光源として使用することが好ましく、波長635～650nmがより好ましい。このような波長の変更に伴って、開口数0.58～0.60がレーザ光のスポット径の寸法を最良とし、収差を最良とするうえで最適であった。

【0058】そこで、例えば、CDの再生にも波長635～650nmの使用を試みると、開口数0.45・(635～650nm/780nm) = 開口数0.36～0.38が最適である。レーザ光のスポット径の寸法を大きくして、収差を最良とするためである。ただし、CDの再生には、通常、最適開口数値の±5%以内の範囲なら許容できるので、(開口数0.36～0.38)・(0.95～1.05)、すなわち、開口数0.342～0.399が好ましい。CDの再生には、最適開口数値の±10%以内の範囲なら許容できる場合もある。DVDの再生には、615～683nmの波長に限定されず、この範囲以外の波長も使用できる。

【0059】要するに、DVDの再生に使用する波長を λ_{DVD} （単位：nm）とする場合、CDの再生にも λ_{DVD} を使用するものとすると、CDの再生には、開口数を0.45・(λ_{DVD} /780nm)・(0.95～1.05)の範囲とすることが好ましい。CD、DVD

の記録の場合についても上記波長、開口数が使用できる。

【0060】なお、開口数を変化させる手段には、機械的絞り、光学的絞りがあり、特に限定されない。機械的絞りの例として、開口数に対応する直径の孔を有する板状体を複数枚用意し交換する手段が挙げられる。光学的絞りの例として、透明板状体に波長選択性を有する光学薄膜を2種形成し、第1の開口数に対応する直径の第1の円内が第1の波長を通過させ、第2の開口数に対応する直径の第2の円内が第2の波長を通過させ、第1の円と第2の円とが同心円となるようにするもの等が挙げられる。

【0061】本発明の光ピックアップについて、再生に使用することについて説明したが、図1に示す光ピックアップと基本的に同様の構成である本発明の光情報記録装置に使用して、再生の際と同条件で光情報記録媒体に光を照射してデータのマーキング（記録）を行ってもよい。また、本発明の光ピックアップが記録及び再生の両方の機能を有してもよい。

【0062】本発明における光情報記録媒体は、保護層の厚みがそれぞれ異なる複数の情報記録面を有するもの（複数情報記録面・光情報記録媒体）も含む。すなわち、一つの光情報記録媒体が複数の光情報記録媒体として機能する場合である。複数情報記録面・光情報記録媒体を記録再生する場合には、対物レンズを第1の情報記録面の保護層の厚みに合わせて収差が補正されるように設定し、第2の情報記録面のデータを記録再生する際に収差が適正になるように物像間距離を変化させる。

【0063】次に、本発明の光ピックアップ及び光情報記録装置に適する光情報記録媒体用の対物レンズについて説明する。上記光ピックアップ及び光情報記録装置に使用される対物レンズは、光源側に凸面を向けた焦点距離が正の単レンズであり、光源側及び像側の両方の面が非球面を有し、下記の（1）式の条件を満足することが好ましく、以下の（1a）式の条件を満足することがより好ましい。

【0064】

【数5】

$$0.9 \leq 2R_1 / \Phi_{\min} \leq 1.1 \quad \dots \quad (1)$$

$$0.94 \leq 2R_1 / \Phi_{\min} \leq 1.05 \quad \dots \quad (1a)$$

【0065】ただし、

R_1 ：光源側の面の頂点曲率半径、

Φ_{\min} ：保護層の厚み及び／又は保護層の屈折率が異なる複数種の光情報記録媒体の内、（保護層の厚み）／*

$$0.126 \leq (2R_1 / \Phi_{\min}) \cdot |\beta| \leq 0.33 \quad \dots \quad (2)$$

$$0.1316 \leq (2R_1 / \Phi_{\min}) \cdot |\beta| \leq 0.315 \quad \dots \quad (2a)$$

$$0.1316 \leq (2R_1 / \Phi_{\min}) \cdot |\beta| \leq 0.21 \quad \dots \quad (2b)$$

【0073】ただし、

R_1 ：光源側の面の頂点曲率半径、

β ：横倍率、

*（保護層の屈折率）が最小の光情報記録媒体を記録再生する場合の光源側の面の有効径最周辺（この光情報記録媒体を記録再生する場合の開口数の周辺光線が入射する光源側の面上の位置）に囲まれる範囲であって光軸に垂直な範囲からなる円の直径。

【0066】（1）式は、球面収差、コマ収差を良好に補正するための条件であり、（1）式の条件を満足することにより、6次以下の低次の非球面係数で収差補正ができる。したがって、レンズの形状が複雑になりすぎないため、加工が困難にならず、生産性の向上が図れる。

10 $2R_1 / \Phi_{\min}$ が 0.9 未満になると対物レンズ周縁部付近の厚みを確保するためには対物レンズの口径が大きくなり、小型化が困難となる。なお、 $2R_1 / \Phi_{\min}$ は、 $R_1 / (\Phi_{\min} / 2)$ を意味する。

【0067】対物レンズについて光源側の開口数の使用される最大値における光源側の面の有効径最周辺に囲まれる範囲であって光軸に垂直な範囲からなる円の直径は 7 mm 以下が小型化に寄与でき好ましく、5 mm 以下がより好ましく、3 mm 以下が特に好ましい。

20 【0068】また、本発明において、少なくとも DVD を含む複数種の光情報記録媒体を記録再生する場合、前述したように波長 615~683 nm の光を使用するのが好ましく、DVD を記録再生する際、対物レンズの開口数は 0.522~0.660 が使用できる範囲であり、0.551~0.630 が好ましい範囲である。

【0069】また、開口数 0.522~0.660 で対物レンズを使用し、対物レンズを有限系とする場合、横倍率 β の好ましい範囲は $-0.14 \sim -0.30$ であり、より好ましい範囲は $-0.14 \sim -0.20$ である。横倍率 β がこの範囲にあると小型化に寄与でき、物像間距離の移動を極力小さくでき、生産性がよくなる。

【0070】また、DVD、CD の間で物像間距離の移動は 10 mm 以内が好ましく、6 mm 以内がより好ましい。小型化に寄与でき、生産性がよくなるからである。

【0071】また、開口数 0.522~0.660 で対物レンズを使用する場合、対物レンズは、光源側に凸面を向けた焦点距離が正の単レンズであり、光源側及び像側の両方の面が非球面を有し、下記の（2）式の条件を満足することが好ましく、以下の（2a）式の条件を満足することがより好ましく、以下の（2b）式の条件を満足することが特に好ましい。

【0072】

【数6】

50 Φ_{\min} ：複数種の光情報記録媒体に少なくとも CD 及び DVD を含むものとする場合、DVD を記録再生する場合の光源側の面の有効径最周辺（DVD を記録再生する

場合の開口数の周辺光線が入射する光源側の面上の位置)に囲まれる範囲であって光軸に垂直な範囲からなる円の直径。

【0074】(2)式は、複数種の光情報記録媒体に少なくともCD及びDVDを含む場合に適用されることが好ましい条件を示す式であって、主にCD及びDVDを記録再生する場合に適用されることがより好ましい。その理由は、以下のとおりである。

【0075】1) 球面収差、コマ収差を良好に補正できる対物レンズの非球面の設計が容易となり、生産性がよくなる。

2) 小型化が容易である。

3) 有限系の対物レンズの周辺厚みが確保できる。

4) 有限系の対物レンズを使用し、CDの場合の物像間距離とDVDの場合の物像間距離との差をきわめて小さくでき光ピックアップ又は光情報記録装置の構造が簡単化できる。

$$(-3.5 \cdot \lambda_2 / \lambda_1) \leq \delta_1 / \delta_2 \leq (-1.5 \cdot \lambda_2 / \lambda_1) \dots (3)$$

$$\delta_1 = (n-1)^3 \Delta_1 f / (NA_{min})^4 \dots (31)$$

$$\delta_2 = (n-1)^3 \Delta_2 f / (NA_{min})^4 \dots (32)$$

【0079】ただし、

λ_1 : 複数種の光情報記録媒体を記録再生する場合、使用する像側の開口数の値が最大のときの使用波長、

λ_2 : 現に光情報記録媒体を記録再生している場合の使用波長、

n : 対物レンズの屈折率、

f : 対物レンズの焦点距離、

NA_{min} : 複数種の光情報記録媒体を記録再生する場合、使用する像側の開口数の最小値、

Δ_1 : 複数種の光情報記録媒体を記録再生する場合、使用する像側の開口数の値が最小のときの光源側の面の有効径最周辺 (NA_{min}) の周辺光線が入射する光源側の面上の位置)における非球面と光源側の面の頂点曲率半径R₁を有する基準球面との光軸方向の距離の差 (ここで、光軸から遠ざかるほど非球面が光源側へ変位している場合を正とする)。

で、光軸から遠ざかるほど非球面が光源側へ変位してい※

$$(-3.5 \cdot \lambda_2 / \lambda_1) \leq \Delta_1 / \Delta_2 \leq (-1.5 \cdot \lambda_2 / \lambda_1) \dots (3a)$$

$$(-2.6 \cdot \lambda_2 / \lambda_1) \leq \Delta_1 / \Delta_2 \leq (-1.7 \cdot \lambda_2 / \lambda_1) \dots (3b)$$

【0082】(3a)式は、複数種の光情報記録媒体を記録再生する場合、特に球面収差を良好に補正するための条件であり、(3a)式の条件を満足する場合には、回折限界精度で複数種の光情報記録媒体を記録再生でき、(3a)式の条件を満足しない場合には、回折限界精度で複数種の光情報記録媒体を記録再生することが困難である。

【0083】また、本発明において、少なくともCD及

$$(-3.5 \cdot \lambda_x / \lambda_{DVD}) \leq \Delta_{1CD} / \Delta_{2CD} \leq (-1.5 \cdot \lambda_x / \lambda_{DVD}) \dots (4)$$

$$(-2.6 \cdot \lambda_x / \lambda_{DVD}) \leq \Delta_{1CD} / \Delta_{2CD} \leq (-1.7 \cdot \lambda_x / \lambda_{DVD})$$

* 【0076】また、CD及びDVDの記録再生を前提とし、CD及びDVD以外の光情報記録媒体をも記録再生する場合、光情報記録媒体の(保護層の厚み) / (保護層の屈折率)が、CDの(保護層の厚み) / (保護層の屈折率) ~ DVDの(保護層の厚み) / (保護層の屈折率)の範囲に存在する場合に(2)式が適用されることが上記(1)式の説明で述べた小型化の面においてより好ましい。

【0077】また、光ピックアップに使用される対物レンズは、光源側に凸面を向けた焦点距離が正の単レンズであり、光源側及び像側の両方の面が非球面を有し、下記の(3)式の条件を満足することが好ましい。ここで、(3)式における δ_1 、 δ_2 はそれぞれ(31)式、(32)式で定義される。

【0078】

【数7】

* 終る場合を正とする)、

Δ_2 : 複数種の光情報記録媒体を記録再生する場合、使用する像側の開口数の値が最小のときの像側の面の有効径最周辺における非球面と像側の面の頂点曲率半径R₂を有する基準球面との光軸方向の距離の差 (ここで、光軸から遠ざかるほど非球面が光源側へ変位している場合を正とする)。

【0080】(3)式の「 δ_1 / δ_2 」については、「 Δ_1 / Δ_2 」に簡略化できるので、(3)式は以下の(3a)式のように書き換えられ、下記の(3a)式の条件を満足することが好ましく、以下の(3b)式の条件を満足することがより好ましい。

【0081】

【数8】

40★及びDVDを含む複数種の光情報記録媒体を記録再生する場合には、対物レンズは、光源側に凸面を向けた焦点距離が正の単レンズであり、光源側及び像側の両方の面が非球面を有し、下記の(4)式の条件を満足することが好ましく、以下の(4a)式の条件を満足することがより好ましい。

【0084】

【数9】

【0085】ただし、

λ_{DVD} : 少なくともCD及びDVDを含む複数種の光情報記録媒体を記録再生する場合、DVDを記録再生する場合の使用波長、

λ_x : 現に光情報記録媒体を記録再生している場合の使用波長 (CDを記録再生している場合にはCDの使用波長、DVDを記録再生している場合にはDVDの使用波長、CD又はDVD以外の光情報記録媒体を記録再生している場合にはその使用波長)、

Δ_{1CD} : CDを記録再生する場合の光源側の面の有効径最周辺 (CDを記録再生する場合の像側の開口数の周辺光線が入射する光源側の面上の位置) における非球面と光源側の面の頂点曲率半径 R_1 を有する基準球面との光軸方向の距離の差 (ここで、光軸から遠ざかるほど非球面が光源側へ変位している場合を正とする)、

Δ_{2CD} : CDを記録再生する場合、像側の面の有効径最周辺における非球面と像側の面の頂点曲率半径 R_2 を有する基準球面との光軸方向の距離の差 (ここで、光軸から遠ざかるほど非球面が光源側へ変位している場合を正とする)。

【0086】(4)式は、(3)式と同義であって、特に球面収差を良好に補正するための条件であり、複数種の光情報記録媒体に少なくともCD及びDVDを含む場合に適用されることが好ましい条件を示す式である。

(4)式は、特にCD及びDVDを記録再生する場合に適用されることが(3a)式の説明で述べた回折限界精度でCD及びDVDを記録再生できより好ましい。

【0087】なお、CD及びDVDを記録再生する場合であって、CD及びDVD以外の光情報記録媒体を記録再生する場合、光情報記録媒体の (保護層の厚み) / *

$$z_j = \left(\frac{(1/r_j) h^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k_j) (1/r_j) h^2}} \right)$$

$$+ a_{4j} h^4 + a_{6j} h^6 \quad \cdots \cdots (7)$$

h : 光軸からの高さ

Z_j : 第j面 ($j = 1$ または 2) の h における非球面上の点の非球面頂点 ($h = 0$ の z の点) に接平面からの光軸方向の距離

r_j 、 k_j 、 a_{ij} : 係数 ($i = 4$ または 6 、 $j = 1$ または 2)
距離、高さの単位 : mm

【0092】(例1) 表1の対物レンズを光ディスク側のNAが0.38となるように絞り、光源とこの対物レンズ (対物レンズの光源側の面) の距離を一定とした場合の光ディスクの保護層の厚みに応じた計算により求め

た収差特性を図4に示す。図4では計算上球面収差RM-S値の絶対値が最小となるように光ディスクの保護層の厚みに応じて作動距離を移動させている。後述する図5 50 ~ 12はすべて計算により求めた収差特性である。

* (保護層の屈折率) が、CDの (保護層の厚み) / (保護層の屈折率) ~ DVDの (保護層の厚み) / (保護層の屈折率) の範囲に存在する場合に(4)式、(4a)式が適用されることが上記(3a)式の説明で述べた回折限界精度でCD及びDVDを記録再生できより好ましい。

【0088】例えば、DVDの記録再生に波長 650 nm を使用し、CDの記録再生に波長 780 nm を使用する場合、CDを記録再生する場合には $(-3.5 \cdot \lambda_x / \lambda_{DVD})$ は -4.2 、 $(-1.5 \cdot \lambda_x / \lambda_{DVD})$ は -1.8 となる。

【0089】

【実施例】記録再生するDVD用光ディスク (以下、実施例において、単にDVDという) の保護層の厚みが 0.6 mm、保護層の屈折率が 1.55 の条件で最適に用いられ、回折限界性能を有する対物レンズを設計した。この対物レンズを使用し、保護層厚 1.20 mm、屈折率 1.55 のCD用光ディスク (以下、実施例において、単にCDという) を記録再生した (例1~7)。

【0090】表1は、対物レンズの諸数値を示す。表1において、fは焦点距離、 β は横倍率、NAは光ディスク側 (像側) の開口数、Lは光源から光ディスクの情報記録面までの距離、すなわち、物像間距離、Pは作動距離、dは対物レンズの中心厚、nは対物レンズの屈折率である。また、非球面形状は、(7)式で表すことし、各係数を表1~5に示した。(7)式において $j = 1$ は光源側、 $j = 2$ は光ディスク側である。「E-1」は 10^{-1} 、「E-2」は 10^{-2} を表す。

【0091】

【数10】

【0093】NAを0.38に設定した理由は次のとおりであり、すなわち、通常、CDの再生には波長780nmのレーザを光源として使用しており、NA0.45が収差を最良とするうえで最適であった。しかし、DVDに通常使用されている波長650nmのレーザ光源を用いた場合、波長が短くなるので、集光される光のスポットサイズを波長780nmの場合と同程度とするにはNAが0.38であることが最適なためである。

【0094】図4及び後述する図6、8、11において、横軸は光ディスクの保護層の厚み、縦軸は発生する収差を球面収差のRMS値で表し、 λ は波長である。ここで、この球面収差は、光ディスクの保護層の厚みに起因する収差であり、光軸に関して回転対称であり、収差の種類としては3次の球面収差である。

【0095】そこで、波面の位相に関して、光軸上の位相より周辺の位相の方が進んでいるときを正、遅れているときを負、として球面収差RMS値に符号を付けた。この対物レンズでCDを記録再生する場合、図4から-0.073λの球面収差が発生することがわかる。

【0096】一方、この対物レンズでNAを0.38に設定して、CDを記録再生することを前提とし、物像間距離を変えた場合に発生する収差特性を図5に示す。図5及び後述する図7、9、10、12において、横軸は物像間距離、縦軸は球面収差RMS値である。この球面収差も光軸方向の距離の変化に起因する収差であり、波面は回転対称で、3次の球面収差である。

【0097】図5から、光ディスクの保護層の厚みが異なることにより発生した収差を、物像間距離を短くすることにより相殺できることがわかる。詳細な計算により、物像間距離を14.76mmにしたとき球面収差が最小（球面収差RMS値=0）となることがわかった。この場合、作動距離は0.79mmが好ましいことがわかった。図5では計算上球面収差RMS値の絶対値が最小となるように物像間距離の変化に応じて作動距離を移動させている。

【0098】物像間距離の変更は、光源位置の光軸方向の移動により行った。また、対物レンズの光軸方向の移動により作動距離の変更も行った。例1では、物像間距離は14.76mmとし、光源と対物レンズ（対物レンズの光源側の面）との距離を10.75mmにすることで設定できた。作動距離は0.79mmとした。プラスチックを射出成形して、表1に示す形状の対物レンズを作成し、物像間距離を14.76mm、作動距離を0.79mmと設定したとき収差が最良になることを確認した。

【0099】また、この対物レンズを使用して図1に示すような光ピックアップ及び光情報記録装置を作製した。DVD用光ディスクとCD用光ディスクについてこの光ピックアップにより再生を行い、この光情報記録装置により記録を行ったところ、両方とも忠実に記録再生

できた。なお、例1の R_1 、 $\Phi_{DVD}/2$ 、 $2R_1/\Phi_{DVD}$ 、 Δ_{1CD} 、 Δ_{2CD} 、 $\Delta_{1CD}/\Delta_{2CD}$ については、表6~8に掲げ、以下の例2~7についても同様とした。

【0100】（例2）表2は、例2に用いた対物レンズの諸数値を示す。表2において、記号、単位は表1と同じである。この対物レンズを、光ディスク側のNAが0.38となるように絞った場合における球面収差の特性を図6に示す。この対物レンズでCDを記録再生する場合、図6から-0.0753λの球面収差が発生することがわかる。

【0101】一方、この対物レンズでNAを0.38に設定して、CDを記録再生することを前提とし、物像間距離を変えた場合に発生する収差特性を図7に示す。詳細な計算により、物像間距離を21.06mmにしたとき球面収差が最小となることがわかった。この場合、作動距離は1.60mmが好ましいことがわかった。

【0102】物像間距離の変更は、光源位置の光軸方向の移動により行った。また、対物レンズの光軸方向の移動により作動距離の変更も行った。物像間距離は21.06mmとし、光源と対物レンズ（対物レンズの光源側の面）との距離を15.36mmに変更することで設定した。作動距離は1.60mmとした。プラスチックを射出成形して、表2に示す形状の対物レンズを作成し、物像間距離を21.06mm、作動距離を1.60mmと設定したとき収差が最良になることを確認した。

【0103】（例3）表3は、例3に用いた対物レンズの諸数値を示す。表3において、記号、単位は表1と同じである。この対物レンズを、光ディスク側のNAが0.38となるように絞った場合における球面収差の特性を図8に示す。この対物レンズでCDを記録再生する場合、図8から-0.0740λの球面収差が発生することがわかる。

【0104】一方、この対物レンズでNAを0.38に設定して、CDを記録再生することを前提とし、物像間距離を変えた場合に発生する収差特性を図9に示す。詳細な計算により、物像間距離を24.75mmにしたとき球面収差が最小となることがわかった。この場合、作動距離は1.81mmが好ましいことがわかった。

【0105】例3では図2に示す光ピックアップを採用し、物像間距離の切換えについては、第1の光源1aと第2の光源1bの光の波長をともに650nmとし第1の光源1aと第2の光源1bとの点灯を切換えることにより行った。また、対物レンズの光軸方向の移動により作動距離の変更も行った。物像間距離は24.75mmとし、光源と対物レンズ（対物レンズの光源側の面）との距離を18.54mmに変更することで設定した。作動距離は1.81mmとした。プラスチックを射出成形して、表3に示す形状の対物レンズを作成し、物像間距離を24.75mm、作動距離を1.81mmと設定したとき収差が最良になることを確認した。

【0106】(例4)例3の対物レンズを図2に示す光ピックアップに使用した。第1の光源1aの光の波長を650nmとし、第2の光源1bの光の波長を780nmとした。物像間距離の変更については、例3と同様とした。

【0107】第2の光源1bを使用した場合、この対物レンズでNAを0.45に設定して、CDを記録再生することを前提とし、物像間距離を変えた場合に発生する収差特性を図10に示す。詳細な計算により、物像間距離を24.46mmにしたとき球面収差が最小となることがわかった。この場合、作動距離は1.85mmが好ましいことがわかった。

【0108】また、対物レンズの光軸方向の移動により作動距離の変更も行った。物像間距離は24.46mmとし、光源と対物レンズ(対物レンズの光源側の面)との距離を18.21mmに変更することで設定した。作動距離は1.85mmとした。例3にて製作した対物レンズを使用し、物像間距離を24.46mm、作動距離を1.85mmと設定したとき収差が最良になることを確認した。

【0109】(例5)表4は、例5に用いた対物レンズの諸数値を示す。表4において、記号、単位は表1と同じである。この対物レンズを、光ディスク側のNAが0.38となるように絞った場合における球面収差の特性を図11に示す。この対物レンズでCDを記録再生する場合、図11から-0.0770λの球面収差が発生することがわかる。

【0110】一方、この対物レンズでNAを0.38に設定して、CDを記録再生することを前提とし、物像間距離を変えた場合に発生する収差特性を図12に示す。詳細な計算により、物像間距離を70.17mmにしたとき球面収差が最小となることがわかった。この場合、作動距離は1.37mmが好ましいことがわかった。

【0111】例5では図3に示す光ピックアップを採用し、物像間距離の設定については、第1の光源1aはDVD用とし、物像間距離は無限大となるようにし、第2の光源1b用として物像間距離を70.17mmとなるようにした。物像間距離の切換えについては、第1の光源1aと第2の光源1bの光の波長をともに650nmとし第1の光源1aと第2の光源1bとの点灯を切り換えることにより行った。対物レンズの光軸方向の移動により作動距離の変更も行った。光源と対物レンズ(対物レンズの光源側の面)との距離を65.00mmに変更することで設定した。作動距離は1.37mmとした。プラスチックを射出成形して、表3に示す形状の対物レンズを作成し、物像間距離を無限大、作動距離を1.37mmと設定したとき収差が最良になることを確認した。

【0112】(例6)例5の対物レンズを図3に示す光ピックアップに使用した。第1の光源1aの光の波長を

650nmとし、第2の光源1bの光の波長を780nmとした。物像間距離の変更については、例5と同様とした。

【0113】第2の光源1bを使用した場合、この対物レンズでNAを0.45に設定して、CDを記録再生することを前提とし、詳細な計算により、物像間距離を67.99mmにしたとき球面収差が最小となることがわかった。この場合、作動距離は1.39mmが好ましいことがわかった。

10 【0114】対物レンズの光軸方向の移動により作動距離の変更も行った。物像間距離は67.99mmとし、光源と対物レンズ(対物レンズの光源側の面)との距離を62.80mmに変更することで設定した。作動距離は1.39mmとした。例5にて製作した対物レンズを使用し、物像間距離を67.99mm、作動距離を1.39mmと設定したとき収差が最良になることを確認した。

【0115】(例7)表5は、例7に用いた対物レンズの諸数値を示す。表5において、記号、単位は表1と同じである。この対物レンズは、再生の対象となっていない保護層厚0.9mmの光ディスクを想定して諸数値を設定しており、この対物レンズと光源との距離を変化させずにDVDを記録再生すると、計算上、3次の球面収差のRMS値が0.273λとなる。詳細な計算により、物像間距離を38.84mm、作動距離を1.84mmにしたとき球面収差が最小となることがわかった。この場合、光源と対物レンズ(対物レンズの光源側の面)との距離は33.20mm、横倍率は-1/8.91である。

30 【0116】また、この対物レンズを光ディスク側のNAが0.38となるように絞り、この対物レンズと光源との距離を変化させずにCDを記録再生すると、計算上、3次の球面収差のRMS値が-0.037λとなる。詳細な計算により、物像間距離を26.82mm、作動距離を1.72mmにしたとき球面収差が最小となることがわかった。この場合、光源と対物レンズ(対物レンズの光源側の面)との距離は20.70mm、横倍率は-1/5.28である。

40 【0117】プラスチックを射出成形して、表5に示す形状の対物レンズを作成し、上記物像間距離等の仕様をDVD、CDにそれぞれ合わせて設定し、DVD、CDを、それぞれ記録再生したところ収差が最良になることを確認した。

【0118】また、本発明は、例1～7にあげた数値に限定されない。例1～7では、DVD用に、NA0.60、CD用にNA0.38又は0.45を設定したが、異なるNAを設定しても、有限系の対物レンズを用いて、異なる保護層厚及び/又は屈折率の光ディスクに対しても物像間距離を変更すれば対応できる。

【表1】

$f = 2.10 \text{ mm}$	$r_1 = 1.4404$
$\beta = -1/7.01$	$r_2 = -2.3869$
$NA = 0.60$	$k_1 = -0.635440$
$L = 19.85 \text{ mm}$	$k_2 = -13.603118$
$P = 1.00 \text{ mm}$	$a_{4,1} = -7.890765 \times 10^{-4}$
$d = 2.02 \text{ mm}$	$a_{4,2} = 7.598318 \times 10^{-3}$
$n = 1.522$	$a_{6,1} = -1.386583 \times 10^{-3}$
波長 (λ) = 650 nm	$a_{6,2} = -5.882977 \times 10^{-4}$
波面収差の総計のRMS値 (計算結果) 0.004 λ	
3次の球面収差のRMS値 (計算結果) 0.000	

【0120】

* * 【表2】

$f = 3.10 \text{ mm}$	$r_1 = 2.11985$
$\beta = -1/5.72$	$r_2 = -3.62924$
$NA = 0.60$	$k_1 = -0.639120$
$L = 25.28 \text{ mm}$	$k_2 = -12.037762$
$P = 1.80 \text{ mm}$	$a_{4,1} = -1.212973 \times 10^{-3}$
$d = 2.90 \text{ mm}$	$a_{4,2} = 2.382792 \times 10^{-3}$
$n = 1.522$	$a_{6,1} = -1.890671 \times 10^{-4}$
波長 (λ) = 650 nm	$a_{6,2} = -6.779464 \times 10^{-5}$
波面収差の総計のRMS値 (計算結果) 0.002 λ	
3次の球面収差のRMS値 (計算結果) 0.000	

【0121】

* * 【表3】

$f = 3.45 \text{ mm}$	$r_1 = 2.34666$
$\beta = -1/6.26$	$r_2 = -4.12994$
$NA = 0.60$	$k_1 = -0.621896$
$L = 29.94 \text{ mm}$	$k_2 = -13.549945$
$P = 2.00 \text{ mm}$	$a_{4,1} = -7.133208 \times 10^{-4}$
$d = 3.20 \text{ mm}$	$a_{4,2} = 1.696367 \times 10^{-3}$
$n = 1.522$	$a_{6,1} = -1.286175 \times 10^{-4}$
波長 (λ) = 650 nm	$a_{6,2} = -2.969750 \times 10^{-5}$
波面収差の総計のRMS値 (計算結果) 0.002 λ	
3次の球面収差のRMS値 (計算結果) 0.000	

【0122】

【表4】

$f = 3.39 \text{ mm}$ $\beta = 0$ $NA = 0.60$ $L = \infty$ $P = 1.57 \text{ mm}$ $d = 2.60 \text{ mm}$ $n = 1.522$ 波長 (λ) = 650 nm	$r_1 = 2.10926$ $r_2 = -6.30064$ $k_1 = -0.511527$ $k_2 = -45.548177$ $a_{4,1} = +4.899411E-4$ $a_{4,2} = 3.571194E-3$ $a_{6,1} = -9.780337E-5$ $a_{6,2} = -1.638704E-4$
	波面収差の総計の RMS 値 (計算結果) 0.002 λ 3次の球面収差の RMS 値 (計算結果) 0.000

【0123】

* * 【表5】

$f = 3.44 \text{ mm}$ $\beta = -1/6.28$ $NA = 0.60$ $L = 30.06$ $P = 1.81 \text{ mm}$ $d = 3.20 \text{ mm}$ $n = 1.522$ 波長 (λ) = 650 nm	$r_1 = 2.36140$ $r_2 = -4.03254$ $k_1 = -0.611482$ $k_2 = -12.747749$ $a_{4,1} = -7.624724E-4$ $a_{4,2} = 1.694423E-3$ $a_{6,1} = -1.330437E-4$ $a_{6,2} = -2.371494E-5$
	波面収差の総計の RMS 値 (計算結果) 0.001 λ 3次の球面収差の RMS 値 (計算結果) 0.000

【0124】

※30※【表6】

	R_1 (mm)	$\Phi_{\text{DD}} / 2$ (mm)	$2R_1 / \Phi_{\text{DD}}$	Φ_{DD} における対物レンズの周辺厚 (mm)
例 1	1.44044	1.4550	0.990	0.983
例 2	2.11985	2.2285	0.951	1.264
例 3	2.34666	2.4482	0.959	1.424
例 5	2.10926	2.0321	1.038	1.331
例 7	2.36140	2.2358	1.056	1.601

【0125】

【表7】

	Δ_{1cd} (mm)	Δ_{2cd} (mm)
例1	0.03350	-0.01864
例2	0.05667	-0.02713
例3	0.05809	-0.02799
例4	0.15884	-0.06473
例5	0.03226	-0.01253
例6	0.08353	-0.02762
例7	0.04546	-0.02282

【0126】

【表8】

	$\Delta_{1cd} / \Delta_{2cd}$ (NA 0.38)	$\Delta_{1cd} / \Delta_{2cd}$ (NA 0.45)
例1	-1.797	-
例2	-2.089	-
例3	-2.075	-
例4	-	-2.454
例5	-2.575	-
例6	-	-3.024
例7	-1.992	-

【0127】

【発明の効果】本発明では、共通する対物レンズを使用して、保護層の厚み及び／又は屈折率が異なる複数の光情報記録媒体の記録再生するために、光ピックアップの構成が簡単化され、生産性向上が達成されるとともに、光ピックアップの小型化、軽量化及び高精度化ができる。また、光路上にホログラム等の光学媒体を設けない場合には、光源の光量の損失を少なくでき、光源、検出器の省電力を図れる。

【0128】本発明の対物レンズは、球面収差、コマ収差を良好に補正できる。また、6次以下の低次の非球面係数で収差補正ができる。したがって、レンズの形状が複雑になりすぎないため、加工が困難にならず、生産性の向上が図れる。また、対物レンズ周縁部付近の厚みが確保され、小型化が容易である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光ピックアップの代表例を示す基本的構成図

【図2】図1とは別のタイプの本発明の光ピックアップを示す基本的構成図

【図3】図1とは別のタイプの本発明の光ピックアップを示す基本的構成図

【図4】例1の対物レンズの光ディスクの保護層に対

する球面収差RMS値の変化を示す特性図

【図5】例1の対物レンズの物像間距離に対する球面収差RMS値の変化を示す特性図

【図6】例2の対物レンズの光ディスクの保護層に対する球面収差RMS値の変化を示す特性図

【図7】例2の対物レンズの物像間距離に対する球面収差RMS値の変化を示す特性図

【図8】例3の対物レンズの光ディスクの保護層に対する球面収差RMS値の変化を示す特性図

10 【図9】例3の対物レンズの物像間距離に対する球面収差RMS値の変化を示す特性図

【図10】例4の対物レンズの物像間距離に対する球面収差RMS値の変化を示す特性図

【図11】例5の対物レンズの光ディスクの保護層に対する球面収差RMS値の変化を示す特性図

【図12】例5の対物レンズの物像間距離に対する球面収差RMS値の変化を示す特性図

【図13】従来例の基本的構成図

【図14】図13の従来例とは別の従来例の基本的構成20 図

【符号の説明】

1 : 第1の光源位置

2 : 第2の光源位置

1 a : 第1の光源1 a

1 b : 第2の光源1 b

3 : 対物レンズ

3 0 : 受光素子

4 : DVD用光ディスク

4 0 : DVD用光ディスク4の保護層

30 4 1 : DVD用光ディスク4の情報記録面

5 : CD用光ディスク

5 0 : CD用光ディスク5の保護層

5 1 : CD用光ディスク5の情報記録面

6 : 第1の対物レンズ

6 1 : 第2の対物レンズ

7 : ハーフミラー

7 0 : ハーフミラー

8 : DVD用光ディスク

9 : CD用光ディスク

40 1 0 : ホログラム

1 1 : 対物レンズ

1 2 : 0次光光路

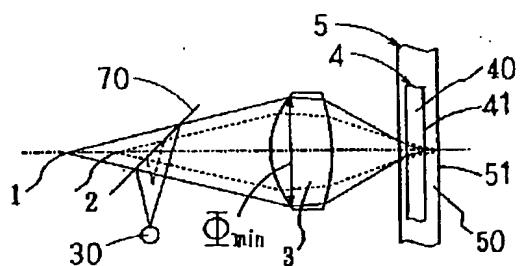
1 3 : 1次回折光光路

1 4 : DVD用光ディスク

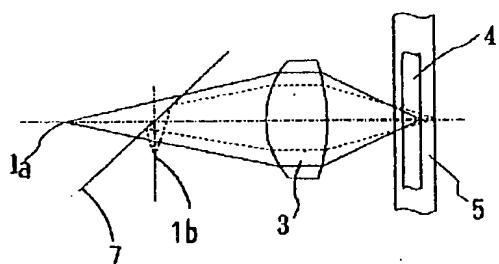
1 5 : CD用光ディスク

2 1 : コリメータレンズ

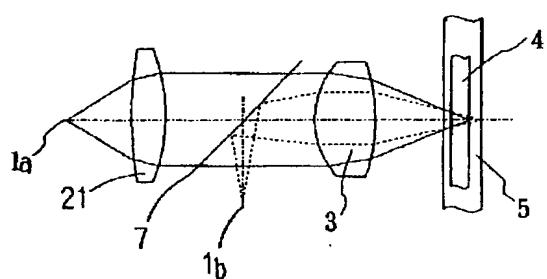
【図1】



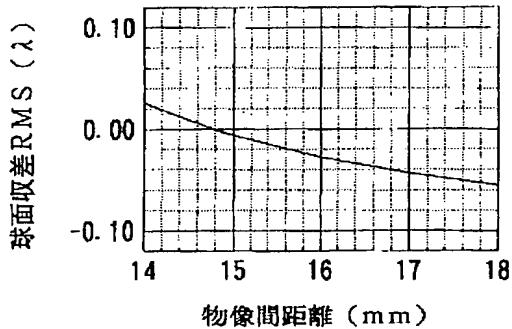
【図2】



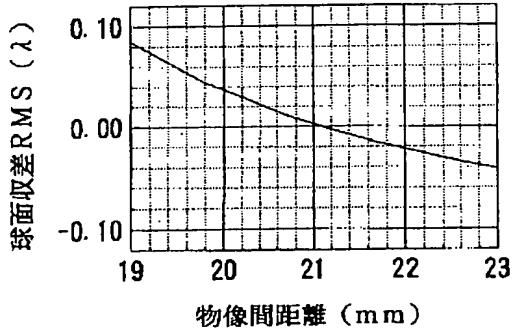
【図3】



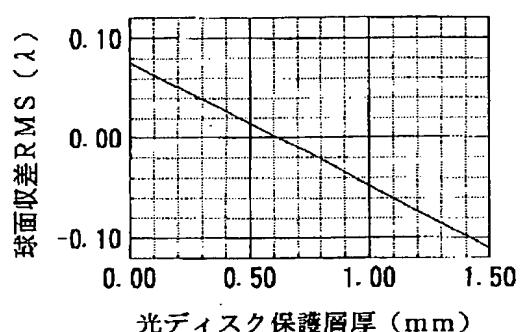
【図5】



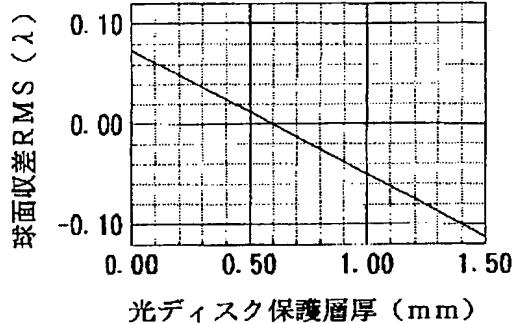
【図7】



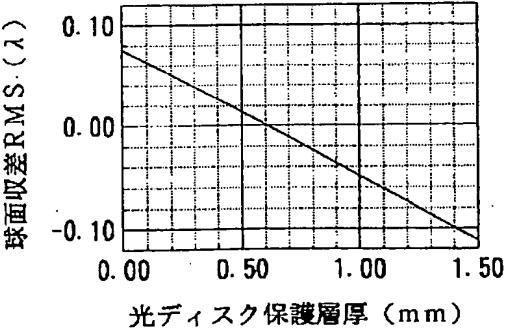
【図4】



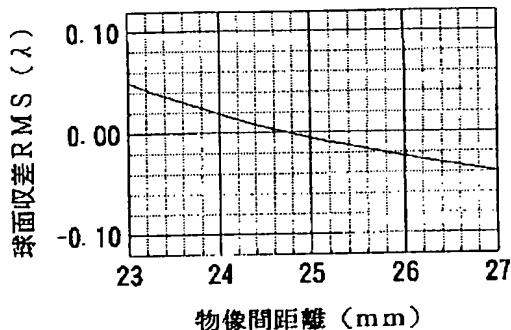
【図6】



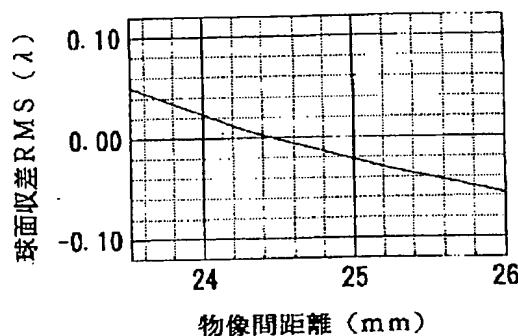
【図8】



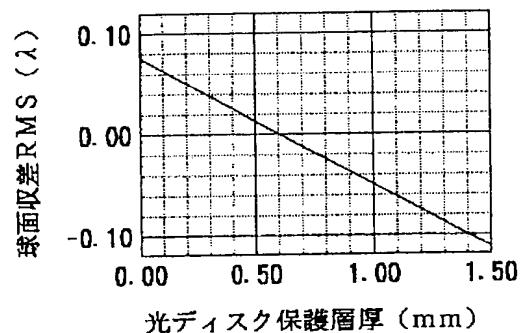
【図9】



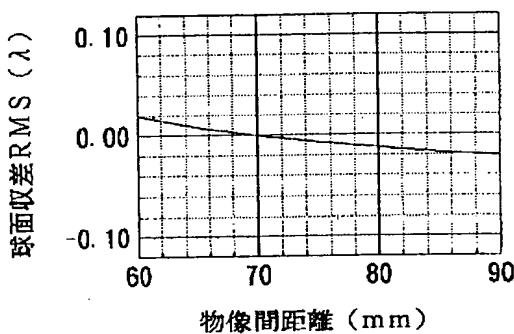
【図10】



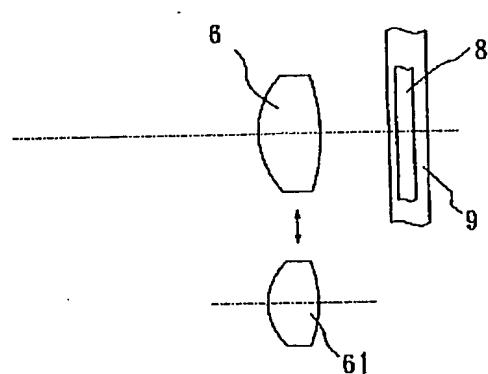
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

